

## つばき フラットベヤ® ZP仕様

TSUBAKI FLATVEYOR® ZP Type

月芳 圭一<sup>※1</sup>

Keiichi TSUKIYOSHI

半導体製造装置等、高いクリーン度の維持が必要となる装置に対応するケーブルシステム商品として、フラットベヤ（当社製）がある。しかし、フラットベヤはケーブルやエアチューブを平型に直接接着する仕様のため、それらの仕様が決められないとフラットベヤの仕様が決められない。また、フラットベヤを装置に設置した後は、ケーブルやエアチューブを1本単位で交換することができないなどの課題がある。本稿では、これらの課題解決に向け開発したフラットベヤ ZP 仕様について解説する。

Flatveyor are cable system products suitable for equipment that require maintenance of high cleanliness, such as those used in the manufacture of semiconductors. They are designed to bond cables and air tubes directly to flat molds, so their specifications cannot be determined until the specifications of the cables and tubes are determined. In addition, cables and air tubes cannot be replaced individually after Flatveyor are installed in equipment. In this section, we will explain how the Flatveyor ZP type which we developed solves these issues.

### エコロジー訴求点と 顧客メリット

- ①長ストローク対応、②跳ね上がり抑制、③低騒音、  
④低発塵、⑤取り扱い性向上

## 1. はじめに

当社は、機械・装置の移動部に使われるケーブルやエアチューブの支持案内装置として、1959年にスチール製のケーブルベヤ<sup>®</sup>を発売し、それ以降、プラスチック製への品種拡大など、市場・業界ニーズ、用途の多様化に応える多種多様な製品を開発してきた。特に、クリーンルーム内で使用される半導体・液晶・有機EL関連の製造・検査装置などでは、動作時の静粛性（低騒音）と高いクリーン度（低発塵）を要求され、それに応えるべく、低騒音・低発塵性能に優れたケーブルシステム商品としてフラットベヤ（図1）を2016年より販売している。

フラットベヤは、複数本のケーブルやエアチューブそれぞれを接着し、サポートメンバを組み込んだ自立式フラットケーブルシステムである。ケーブルやエアチューブを平型に接着する仕様のため、顧客の装置のケーブルやエアチューブの仕様が決められないと、フラットベヤの仕様が決められない。また、装置稼動後に、フラットベヤに組み込まれているケーブル1本に交換が必要になっ

た場合でも、フラットベヤ自体の交換が必要になるという問題点がある。

本稿では、このフラットベヤにおける問題解決に向け開発した、「フラットベヤ ZP 仕様」について解説する。



図1. 従来のフラットベヤの構造

※1 チェーン事業部 製品技術部

## 2. フラットベヤZP仕様の概要

### 2.1 構造

フラットベヤ ZP 仕様の構造を図 2 に示す。

ケーブルやエアチューブを収納、交換が可能かつ、繰り返しの屈曲動作に適した開閉チューブと、ケーブルやエアチューブの支持・案内・曲げ半径の規制の機能を持つサポートメンバを組み込んだサポートメンバ用チューブを連結させた、自立式フラットケーブルシステムである。

### 2.2 基本仕様

フラットベヤ ZP 仕様の基本仕様を表 1 に示す。

適用するサポートメンバの屈曲半径は、R70、R100、R130 の 3 種類とした。

開閉チューブに収納可能なケーブルやエアチューブの仕様を表 2 に示す。開閉チューブ内にケーブルやエアチューブを収納して使用するため、屈曲性に優れる物かつ、外皮素材は滑り性の良い材質を推奨する。

フラットベヤ ZP 仕様の色は、白及び黒色の 2 種類を標準化しており、半導体業界では白色が好まれる傾向にある。一方、例えば露光装置と言った、光源を使用した装置の場合、周囲の構造物に光が反射して、製品に悪影響が出る場合もあり、黒色が必要とされることもある。



図 2. フラットベヤ ZP 仕様の構造

### 2.3 主な構成部品

#### ①サポートメンバ

外観を図 3 に示す。

一方には所定の屈曲半径で曲がり、他方にはノーバックベンドで直線となるリンク構造であり、従来のフラットベヤと共通部品である。

表1. フラットベヤZP仕様の基本仕様

|                     | フラットベヤ<br>ZP 仕様                                | フラットベヤ<br>(参考)                                                 |
|---------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| サポートメンバ<br>屈曲半径     | R70<br>R100、R130                               | R40、R70<br>R100、R130                                           |
| 最大移動<br>ストローク       | R70 : 1600mm<br>R100 : 1800mm<br>R130 : 1800mm | R40 : 1600mm<br>R70 : 2200mm<br>R100 : 2800mm<br>R130 : 2800mm |
| 最大移動速度              | 2m/s                                           | 2m/s                                                           |
| 最大加速度               | 19.6m/s <sup>2</sup>                           | 39.2m/s <sup>2</sup>                                           |
| 使用温度範囲              | -10 ~ 60℃                                      | -10 ~ 80℃                                                      |
| 色                   | 黒色、白色                                          | 黒色                                                             |
| 最大ケーブル・<br>エアチューブ外径 | φ 11                                           | φ 16                                                           |

表2. 挿入可能なケーブル・エアチューブ外径

| 収納本数  |                              |                                        |
|-------|------------------------------|----------------------------------------|
| 1 本   | 2 本                          | 3 本                                    |
|       |                              |                                        |
| φ11以下 | 13mm以下<br>横並びにした幅<br>13mm 以下 | φ4以下<br>各ケーブル・エア<br>チューブの外径が<br>4mm 以下 |

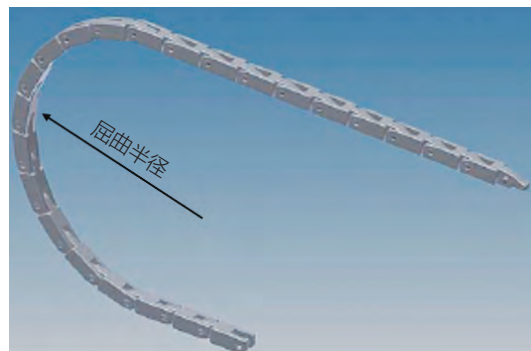


図 3. サポートメンバ外観



図4. 開閉チューブ外観（ロック状態）



図5. 開閉チューブ（市販品）破れ

表3. 試作材料の結果

|       | 材料 A | 材料 B | 材料 C |
|-------|------|------|------|
| 柔軟性   | △    | ○    | ○    |
| 成形性   | ○    | ○    | ×    |
| 開閉作業性 | △    | ○    | ○    |
| 耐久性   | ×    | ○    | ○    |
| コスト   | ○    | ○    | △    |
| 判定    | ×    | ○    | ×    |

## ②開閉チューブ

外観を図4に示す。

開閉チューブは市販品でも存在する。しかし、市販品は繰り返しの屈曲動作により早期に破れが発生する（図5）。

本開閉チューブは、繰り返しの屈曲動作に適した材料から開発をした。必要となる特性に対して、数種類の添加剤の配合比率の異なる材料で試作評価を実施し、繰り返しの屈曲動作に対する耐久性だけでなく、成形性、取り扱い性（開閉作業性、ロック部の保持性）、コストも考慮し材料を選定した（表3）。

## 3. 特長

従来のフラットベヤの特長を併せ持つ、フラットベヤ ZP 仕様について示す。

### 3.1 長ストローク対応

フラットケーブルを長ストローク（1000mm 超）で動作させると、フリースパン状態時にはたわみが生じる

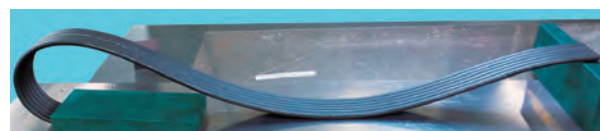


図6. フラットケーブル・フリースパン状態時



図7. フラットベヤ ZP 仕様・フリースパン状態時

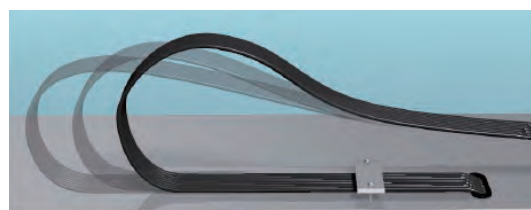


図8. フラットケーブル・動作状態



図9. フラットベヤ ZP 仕様・動作状態

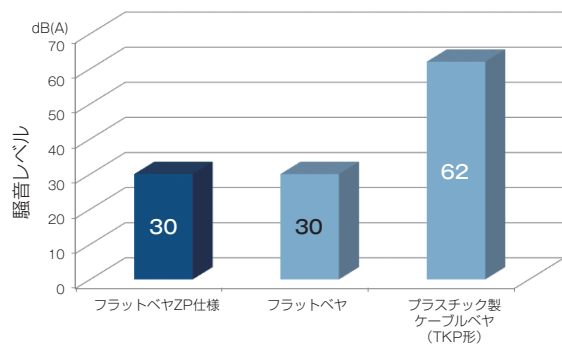
（図6）。フラットベヤ ZP 仕様では、サポートメンバの剛性・支持力により、フリースパン状態でもたわみを抑制し、安定した姿勢の維持により長ストロークでの使用を可能としている（図7）。

### 3.2 跳ね上がり抑制

フラットケーブルは自身の曲げに対する反発により、屈曲部がふくらみ、往復動作時には跳ね上がりが発生する（図8）。フラットベヤ ZP 仕様はサポートメンバによりケーブルやチューブのふくらみを押さえ込み、跳ね上がりを抑制することができる（図9）。これにより、高速・高加速で稼動する装置にも適用が可能である。

### 3.3 低騒音

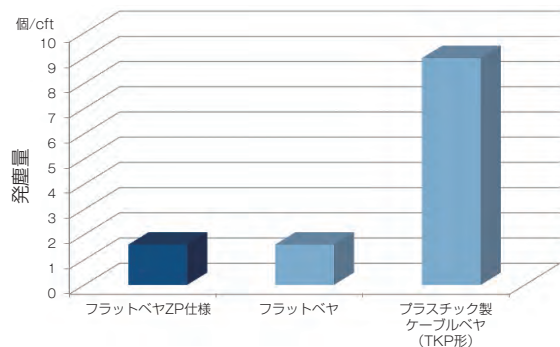
サポートメンバ用チューブの遮音効果と、滑らかに屈曲するサポートメンバにより、同程度のサイズのプラスチック製ケーブルベヤよりも低騒音を実現した（図10）。



#### 【テスト条件】

- ・ 暗騒音：29dB
- ・ 設置条件：上（天面）側移動、下（地）側固定、床面あり
- ・ 移動速度：50m/min
- ・ 騒音測定距離：500mm
- ・ フラットベヤ ZP 仕様はケーブル（φ 7）3 本を収納
- ・ フラットベヤはケーブル（外径φ 6～7）4 本を接着
- ・ ケーブルベヤはケーブル類無し（ケーブルベヤ単体）

図 10. 騒音レベルの比較



※発塵量は1立方フィート(cft)内に存在する0.1μm以上の粒子個数を示す

#### 【テスト条件】

- ・ 設置条件：上（天面）側移動、下（地）側固定、床面あり
- ・ 移動速度：120m/min
- ・ 騒音測定距離：1000mm
- ・ フラットベヤ ZP 仕様はケーブル（φ 7）3 本を収納
- ・ フラットベヤはケーブル（シース材：PVC、外径φ 6）3 本とエアチューブ（ポリウレタン製、外径φ 6）1 本を接着
- ・ ケーブルベヤはケーブル類無し（ケーブルベヤ単体）

図 11. 発塵特性の比較

### 3.4 低発塵

リンク構造を持ったサポートメンバをサポートメンバ用チューブ内に組み込むことで、屈曲動作に伴うサポートメンバからの発塵・摩耗粉をチューブの外に出さない構造としている。また、開閉チューブに摺動性の良い材料を採用することで、低発塵を実現した（図 11）。

### 3.5 取り扱い性

開閉チューブのロック部は手で容易に開くことができ、素早くケーブルやエアチューブを収納できる。また、手で容易に閉じることができ、開閉作業を繰り返してもロック部が変形することなく、確実に閉じることができる。

なお、当社の耐久試験では、屈曲動作を 2000 万回繰り返しても、ロック部が開くことは無かった。

## 4. 現状の課題と今後の展開

### 4.1 さらに長ストロークへの対応

現状のフラットベヤ ZP 仕様の対応可能な移動ストロークは最大 1800mm である。従来のフラットベヤに比べ、開閉チューブ自体がサポートメンバに掛かる負荷となるため、対応可能な移動ストロークが短くなる。しかし、液晶パネル等の大型化に伴い搬送装置を中心に、さらに長ストローク対応への要求が高まっており、サポートメンバの改良が必要である。長ストロークに対応可能な、新たなサポートメンバの開発を進める。

### 4.2 小Rへの対応

生産設備の小型化等により、小 R の要望は強くある。小 R での評価を重ね、早期製品化に向け開発を進める。

### 4.3 取り扱い性のさらなる改善

本構造でも開閉作業は容易ではあるが、顧客の装置に取り付いた状態でケーブルやエアチューブを交換する場合には、狭いスペースで作業を行うことがあり、十分取り扱い性が良いと言えない場合もある。現行よりも、さらに取り扱い性の良い構造等の検討を行う。

## 5. おわりに

顧客により商品に対する要求は様々であり、それらの要求に応える商品開発や仕様の決定をしていくことは部品サプライヤーとして絶対に必要なことである。フラットベヤ ZP 仕様も現時点の物が完成品と捉えず、実際に使用頂いた顧客の声を反映させ、さらに磨き上げを行う。またその声を新規開発に繋げ、社会の期待を超えていける製品を世の中に提案していきたい。



# DCブラシレスハイポイドモートル

Direct Current Brushless HYPOID Gear MOTOR

中川 寛之<sup>※1</sup>

Hiroyuki NAKAGAWA

鵜飼 佑輔<sup>※1</sup>

Yusuke UKAI

藤本 郁弥<sup>※1</sup>

Fumiya FUJIMOTO

ギヤモータの市場において、自動化・省力化・IoT化の動きが一層加速しており、コントロールモータの需要が高まっている。それに加え、モータの高効率規制や省エネの観点から高効率化への動きが進んでいる。そこで、特定用途向けで培った技術を活用し、小型で高効率なDC ブラシレスモータを搭載したハイポイドモートルを開発した。本稿では、DC ブラシレスハイポイドモートルの機能と性能について紹介する。

In the gear motor market, the trend toward “automation,” “labor saving,” and “IoT” is further accelerating, and demand for control motors is increasing. In addition to this, there is a move toward higher efficiency in terms of motor efficiency regulations and energy conservation. In line with these trends, we developed a HYPOID MOTOR equipped with a compact and highly efficient DC brushless motor. In this report, we will introduce the function and performance of DC brushless motors.

## エコロジー訴求点と 顧客メリット

- ①省電力化によるコスト削減
- ②小型化による軽量化
- ③ RoHS II 対応による環境負荷物質への配慮

## 1. はじめに

装置の高機能化にはサーボモータなどコントロールモータを使用することが有効だが、サーボモータは高度な制御ができる反面、用途によってはオーバースペックなところがある。そこで制御が簡易なインバータとサーボの中間的な機能を有する DC ブラシレスモータが注目されている。またブレーキ付が対応できるコントロールモータは少なく、安全面からも望まれている。当社は、これまで特定ユーザー向け用途に特化した、DC ブラシレスギヤモータを開発してきたが、専用形状や特殊サイズ、特定の電圧範囲など、汎用性がないためシリーズ化できていなかった。

そこで、インダクションモータを使用しているユーザーや、モータ制御を必要とするユーザーをターゲットに、コントロールモータへの置き換えを狙い、標準販売している減速部と接続できる、ブレーキ付対応の新製品の開発を行った。

## 2. 仕様

### 2.1 製品の仕様

表1. 標準仕様

|      |       |                                      |
|------|-------|--------------------------------------|
| 電動機  | 出力    | 0.2kW・0.4kW・0.75kW                   |
|      |       | ブレーキ付・無                              |
|      | 電源    | 0～240V 0～250Hz                       |
|      | 極数    | 10                                   |
|      | 保護方式  | 全閉型 (IP65: 本体部のみ<br>IP20: ケーブルコネクタ部) |
|      | 冷却方式  | 自冷式                                  |
|      | 定格    | S1 (連続) 2500r/min                    |
|      | 耐熱クラス | B 種                                  |
| 周囲条件 | ブレーキ  | 無励磁作動形・直流保持ブレーキ                      |
|      | 設置場所  | 屋内                                   |
|      | 周囲湿度  | 85%以下 (結露のないこと)                      |
|      | 高度    | 標高 1000m 以下                          |
|      | 雰囲気   | 腐食性ガス・爆発性ガス・蒸気がないこと                  |
| 周囲条件 | 取付方向  | 水平・垂直等、据付方向の制限なし                     |

※1 モーションコントロール事業部 トルク伝達技術部

表1に標準仕様を示す。本製品のモータの保護等級としてはIP65<sup>1)</sup>としている。外部機関にて認証試験を実施し検証した。IP試験の様子を図1、2に示す。

IP6X<sup>1)</sup>の保護レベルとしては、“塵埃の侵入があってはならない”である。そのため、モータ内部を負圧状態にし、規定の時間粉塵をモータにかけ内部への侵入がないかを見ている(図1)。

IPX5<sup>1)</sup>の保護レベルとしては、“あらゆる方向からの噴流水によっても有害な影響を及ぼしてはならない”である。そのため、規定の水圧で全方向より直接モータへ放水し内部への侵入がないかを見ている(図2)。

上記の基準の元、試験を実施し規格を満足する構造であることを確認し認証を受けている。

## 2.2 製品ラインナップ

製品ラインナップは、当社の得意とする容量(0.2kW 0.4kW 0.75kW)を発売する。各容量はブレーキ付にも対応している。また、減速比は1/10～1/50(0.2kWのみ1/60まで)を標準ラインナップとして発売する(図3)。

DC ブラシレスハイポイドモートルを駆動するための専用ドライバについても、各容量(0.2kW 0.4kW 0.75kW)に合わせてラインナップしている(図4)。



図1. IP6Xの試験の様子



図2. IPX5の試験の様子

## 2.3 DCブラシレスモータの特徴

DC ブラシレスモータの構造は、大きくステータ部・ロータ部・モータ基板の3つに分かれている。

ロータ部には永久磁石が使用されており、DC モータと比較しブラシがないため摩耗がなく長寿命である。

また、モータ基板部にはホールICが搭載されている。これは、ロータの位置検出に使用される。このホールICの信号をドライバへフィードバックすることで速度制御が可能となり、負荷変動に応じて安定した回転速度を実現することができる。

# 3. SDGsへの配慮

## 3.1 高効率化

2.3節で述べたように、DC ブラシレスモータはロータに永久磁石を持つ構造をしている。そのため、インダクションモータのようにロータに誘導電流を発生させ磁界を作る必要がない。よって、電流の損失が少なくインダクションモータと比較して高効率である。

また、モータの能力を引き出すためにはモータに合った制御を行う必要がある。これを最適制御と言う。これにより高効率化を実現でき、結果としてIE4相当の効率を達成した。

## 3.2 省エネ化

高効率化の実現により、インダクションモータを使用時よりも消費電力を抑えることができる。消費電力の削減により排出するCO<sub>2</sub>量の削減も見込める。



図3. DC ブラシレスハイポイドモートル



図4. 駆動ドライバ

下記のような条件で CO<sub>2</sub> 削減量を算出すると

- ・改善効率：11%（インダクションモータと比較した値）
- ・使用時間：8 時間 / 日
- ・年間稼働日：250 日
- ・使用期間：1 年

年間の削減消費電力量は 約 167.6 [t-CO<sub>2</sub>]  
（年間 10000 台として試算）となる。

### 3.3 小型化

高効率化を達成することで、損失による発熱を抑えられることからファンレス化が可能となった。これにより、従来のインダクションモータと比較して約 38%の小型化を実現した。また、小型化の達成により軽量化も可能となり、従来モータと比較して、約 18%低減できた。

### 3.4 低騒音・低発塵化

ファンレス化が可能となったことで、低騒音・低発塵化を実現した。騒音値については、同回転速度で比較し約 6%程度低減することができた。発塵量については、ファンレスにより発塵を無くすることが可能となった。

## 4. 状態把握機能

### 4.1 モータ保護機能

保護機能として過電流保護機能を有する。これは、モータ電流は、負荷の大きさに応じて増えることから、過大な負荷がかかった場合に、その電流の大きさを判断して、モータへの通電を遮断する機能である。これにより、モータが組み込まれるアプリケーションにおいて、噛み込みロック等の異常が発生しても、すぐにモータを停止することができる。

しかしながら、検知レベルまで至らずに電流保護が作動しない場合でも、繰り返しの異常等で、モータは焼損することがある。そのため、温度保護機能を搭載した。

これは、モータ内部に搭載したサーミスタ<sup>\*1</sup>によりコイルの温度を常時監視する機能である。これにより、定格電流以上の電流が断続的に印加された場合でも、コイル焼損に至る前に保護をかけることができる。

### 4.2 状態把握機能

コイル温度・モータ電流以外では、モータ内部に組み込まれたホール IC の信号により、モータの回転速度・回転方向といったモータの動作状態も、ドライバにて監視することができる。

また、ホール IC の信号を読み取ることで簡易的な位置

制御も行うことができる。例えば、開閉扉にモータを組み込んだ場合、扉の開閉位置などを検出することができる。

その他に、ドライバの温度・内部電圧・エラー時のログ等を監視することができる。エラー時のログは、モータ保護時のエラーの原因を把握するために必要な機能となっている。

## 5. PCソフトとの連携

### 5.1 外部機器との連携

モータ駆動用ドライバのインターフェイスには USB 接続用のコネクタや RS-485 通信接続用のコネクタが搭載されている。また、通信プロトコルに産業界での普及率の高い Modbus-RTU<sup>\*2</sup>を採用している。よって、PC や PLC といった RS-485 に対応した機器との接続が可能である。図 5 にイメージ図を示す。

外部機器と接続しながら駆動することで、PC ヘデータをアップロードしたり、サーバにアップロードしたデータを遠隔でモニタリングしたりするなど可能である。

### 5.2 PCソフト

ドライバのパラメータ設定や書き込み、ソフトウェアのアップデートを行うために PC ソフトの開発にも着手している。本ソフトを使用することで、モータ駆動用のソフトウェアのパラメータを顧客側で設定することが可能である。

また、ドライバと通信しながらモータを駆動させることで、PC ソフト上にてモータの状態を監視することができる。

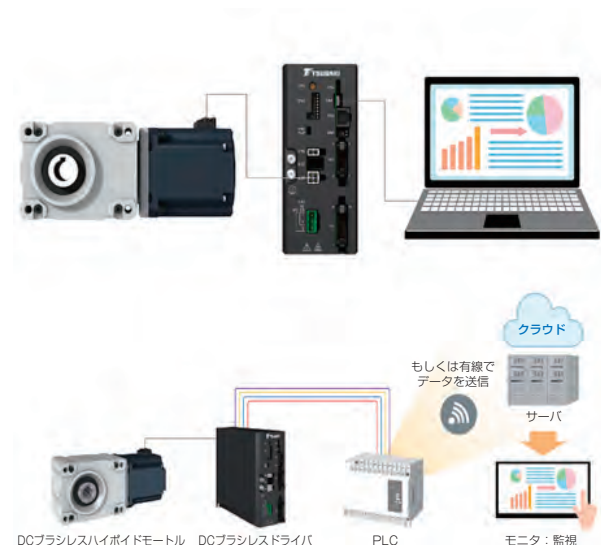


図 5. 接続イメージ

図6にPCソフトの画面を示す。ソフト上で、モータの動作状態や温度・電流値等を見ることで、異常時等にすばやく対処することが可能である。また、本ソフトウェアは当社のHPよりダウンロード可能である。

### 5.3 通信による拡張性

4章で述べたようにドライバにてモータの動作状態をリアルタイムで把握できるため、5.1節で述べたような通信機能を使用することで、新たにセンサを使用せずに動作状態を監視するなど可能である。また、PLCに外部ディスプレイ（例：GOT\*3）を取り付けることにより、装置上で動作状態を監視することができるなど付加機能を付けることも可能である。

このように、ドライバで得られる情報を外部へ通信し顧客側で必要な情報を取り出したりするなど拡張性がある。

## 6. おわりに

本稿では、DC ブラシレスモータを搭載したハイポイドモートルについて報告した。モータ側のセンサ信号を読み取り、ドライバへフィードバックし最適制御を行うことでIE4相当の効率を実現した。



図 6. PC ソフト画面

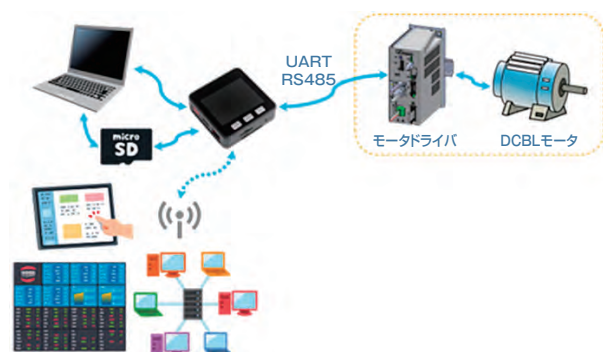


図 7. ネットワークとの接続イメージ

今後の展望としては、ドライバを有線または無線にてネットワーク（ROS\*4 などのプラットフォーム）と接続し、外部よりコントロールすることを検討している。図7にイメージ図を示す。

このように、モータをコントロール可能であるため、単に駆動させるだけでなく、今後、様々な用途へシステムとして提供することなども考えられ、一層の広がりが期待できる。

### 参考文献

- 1) 日本工業規格 JISC0920:2003、電気機械器具の外郭による保護等級

### 用語解説

- \* 1 サーミスタ  
温度変化に対して抵抗が変化する電子部品。
- \* 2 Modbus-RTU  
PLC 向けに策定したシリアル通信プロトコル。  
「MODBUS」は Shneider Electric U.S.A.Inc. の登録商標です。
- \* 3 GOT  
Graphic Operation Terminal の略。操作盤に取り付けられていたスイッチ、ランプなどをソフトウェアにより実現し、モニタ画面上でこれらの表示・操作が可能なタッチパネル付の表示器。
- \* 4 ROS  
Robot Operating System の略。開発ツールやライブラリが含まれたオープンソースソフトウェアのフレームワークの一種。



## セレクトابلカムクラッチ商品紹介

## SELECTABLE CAM CLUTCH

杉谷 翼<sup>※1</sup>

Tsubasa SUGIYA

中川 栄一<sup>※2</sup>

Eiichi NAKAGAWA

近年、世界的な流れとして、完成車メーカーが積極的に電動車を市場投入している。電動車の駆動システムにおいては、各国の環境規制対応のため、モータからの動力伝達をより高効率化することが課題となっている。本報告では、高効率な動力伝達を実現するため、従来のカムクラッチ機構をベースに、動力伝達の ON/OFF を任意のタイミングで切り替え可能なセレクトابلカムクラッチを開発した。

In recent years, finished vehicle manufacturers have been actively introducing electric vehicles to the market in line with global trends. One challenge being faced by manufacturers is how to improve the efficiency of power transmission from the motor in the drive system of electric vehicles to comply with environmental regulations in each country. In this report, we will introduce a selectable cam clutch which we developed based on the conventional cam clutch mechanism that can switch power transmission ON and OFF at any time in order to realize highly efficient power transmission.

### エコロジー訴求点と 顧客メリット

- ①高効率
- ②省スペース、軽量化

## 1. はじめに

近年、各国の環境規制強化の対応として、温室効果ガス削減のため、各自動車メーカーは電動車の開発を加速しており、今後さらなる電動車へのシフトが予測されている（図1）。

その中でも、内燃機関（ICE）とモータを搭載するハイブリッド車（HEV）やプラグインハイブリッド車（PHEV）では、特性の異なる2種類の駆動源、また電気自動車（BEV）では、速比の異なる複数軸を用いるなど、効率的に動力伝達をコントロールする変速機構へのニーズが高まっている。

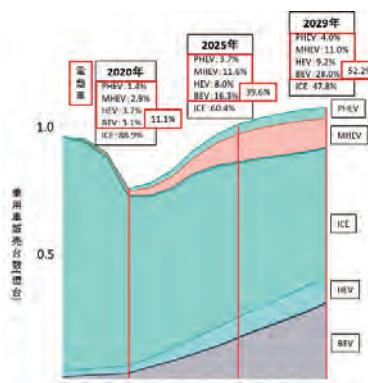


図1. 車両の電動化予測<sup>1)</sup>

今回、当社のコア技術であるカムクラッチをベースに、任意のタイミングで動力伝達を ON/OFF することが可能な電動車向けセレクトابلクラッチを開発したので、報告する。本製品を使用することで搭載システムの動力伝達の高効率化を実現し、電動車の環境性能向上へ貢献する。

## 2. カムクラッチの概要とセレクトابلクラッチの種類

新たに開発したカム式セレクトابلクラッチは、カムクラッチにおいて動力伝達を担っているカムの姿勢を制御するため、クラッチの動力伝達の ON/OFF（かみ合い/空転）を切り替えることが特徴となる。

### 2.1 カムクラッチの概要

カム式ワンウェイクラッチは、一方向にのみ動力を伝え、2つの回転体の間にカムをかみ合わせることで動力伝達を実現する機構である。

カム式ワンウェイクラッチ（図2）は、主に5部品から構成され、各部品の用途は表1となる。次にカムクラッチの動力伝達イメージを模式図（図3）にて示す。

※1 モビリティ事業部 e モビリティ統括 技術開発部

※2 研究開発センター 先端技術部

図3(a)は、カムが起き上がり内外輪の間でつかい棒のように作用して動力を伝達する。図3(b)は、カムが倒れる(つかい棒が外れる)方向に自転してクラッチが空転する。

## 2.2 セレクタブルクラッチの種類

任意のタイミングで動力伝達切り替えが可能なクラッチの種類と特徴を示す(表2)。

セレクタブルカムクラッチは、他方式のクラッチに対して、バックラッシュレスでシームレスに切り替えることができる。

## 2.3 セレクタブルカムクラッチの種類

動力伝達を任意に切り替えるというニーズに対して、最適な構成を選択できるように表3に示す2タイプのカムクラッチ機構を開発した。

ブレーキタイプ：内外輪の片軸が固定

クラッチタイプ：内外輪が共に回転

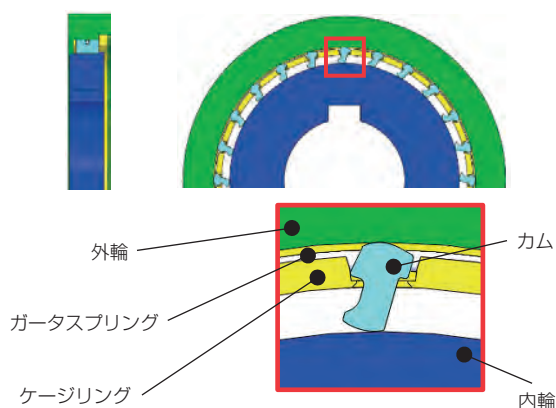


図2. カム式ワンウェイクラッチの構成

表1. カムクラッチの部品構成

| 部品       | 用途        |
|----------|-----------|
| 外輪       | 入出力軸      |
| 内輪       | 入出力軸      |
| カム       | クラッチの動力伝達 |
| ケーシング    | カムの位置規制   |
| ガータスプリング | カム姿勢保持    |

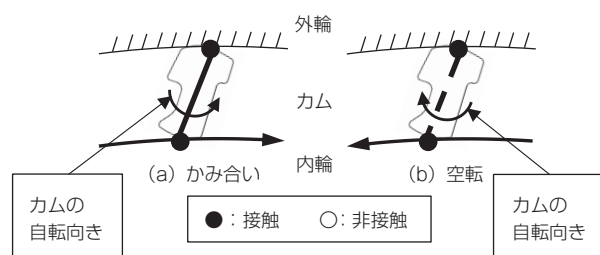


図3. 模式図\_カムの動力伝達

## 2.4 各モードの説明

### 2.4.1 両方向ロックモード(図4)

内外輪が時計回り(CW)・反時計回り(CCW)どちら方向にも動力伝達可能な状態である。図4は外輪固定となっている。

### 2.4.2 両方向フリーモード(図5)

カムの姿勢を制御し、カムと内輪(または外輪)を非接触の状態にする。これにより内輪(または外輪)がCW・CCWどちら方向に回転しても空転する。

### 2.4.3 片方向ロックモード(図6)

図6では、カム2が浮いており、内輪がCW方向に回転するとトルクが伝達され、CCW方向に回転すると空転する。カム1を浮かせば反対方向への動力伝達も可能である。

表2. セレクタブルクラッチの種類と特徴

|        | ワンウェイ待機 | ワンウェイモード  |         | フリーモード  |
|--------|---------|-----------|---------|---------|
|        | モード切替時  | NV        | バックラッシュ | ドラッグトルク |
| カム式    | シームレス   | ラトル音無     | 無       | 微小      |
| ラチェット式 | ショック有   | ラトル音有     | 有       | 微小      |
| ドグ式    | ショック大   | ワンウェイモード無 |         | 微小      |
| 湿式多板式  | シームレス   | ワンウェイモード無 |         | 大       |

表3. セレクタブルカムクラッチ種類

| タイプ     | 内外輪回転        | モード切替操作方向 | 対応モード                      |
|---------|--------------|-----------|----------------------------|
| ブレーキタイプ | 片軸固定<br>片軸回転 | 周方向       | 両方向ロック<br>両方向フリー<br>片方向ロック |
| クラッチタイプ | 両軸回転         | 軸方向       |                            |

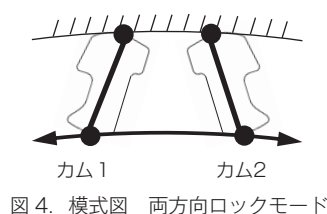


図4. 模式図\_両方向ロックモード

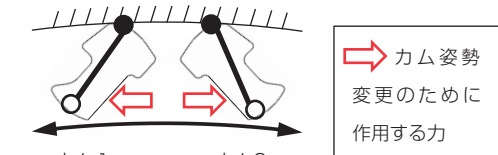


図5. 模式図\_両方向フリーモード

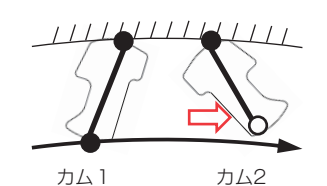


図6. 模式図\_片方向ロックモード

### 3. 基本仕様

本報告では、内外輪の片軸を固定したブレーキタイプのカム式セレクトابلクラッチの設計例について説明する。

本設計例は、カム姿勢を制御する部品（セレクト）を動かす動力としてアクチュエータを使用する。ギヤを介してセレクトを周方向に動かすことで、カムの姿勢を制御する。これにより、両方向空転と一方向きかみ合いの2つのモードを任意のタイミングで切り替えることが可能となる。

#### 3.1 部品構成

カムクラッチは、外輪・内輪・ケーシング・カム・スプリングで構成されている。

今回開発したカム式セレクトابلクラッチは、カムの姿勢を制御するセレクト機構（セレクト、アクチュエータ、ギヤ）を追加した構成となる（図7）。

既述のとおりカム式セレクトابلクラッチは、カムクラッチをベースとしており、セレクトとアクチュエータ/ギヤのみ（表4）に抑えることが可能でコンパクトな構成を実現した。そのため、お客様の製品の中で多様なレイアウトに対応が可能で省スペース化に貢献できる。

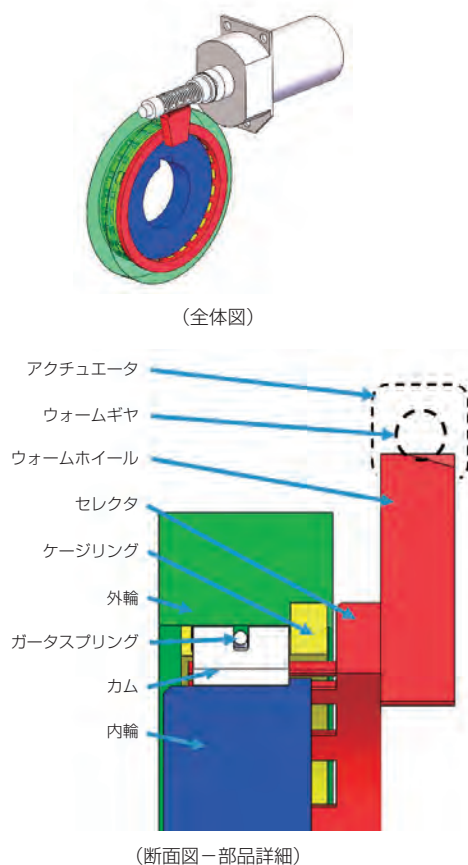


図7. ブレーキタイプセレクトابلクラッチ

#### 3.2 セレクト機構詳細

本設計例のセレクト駆動方法は、アクチュエータおよびギヤにより実施しているが、搭載アプリケーションのニーズに合わせた駆動方法の選択が可能である。

アクチュエータによりギヤを回転させることでセレクトを円周方向に稼働させ、カム姿勢を制御しクラッチのかみ合い/空転を任意のタイミングで切り替えることができる。

かみ合い（トルク負荷状態）から空転（トルク解放状態）に切り替える際、残留トルクを限りなく 0Nm にした状態でセレクトを動かすことでシームレスな切り替えが可能となる。

セレクト機構は、アクチュエータ制御 ON からカム姿勢変化までを下記フローで完了させる（図8）。

表4. 各構成部品の用途

| 部品         | 用途         |
|------------|------------|
| セレクト       | カム姿勢制御     |
| アクチュエータ/ギヤ | セレクトへの動力伝達 |

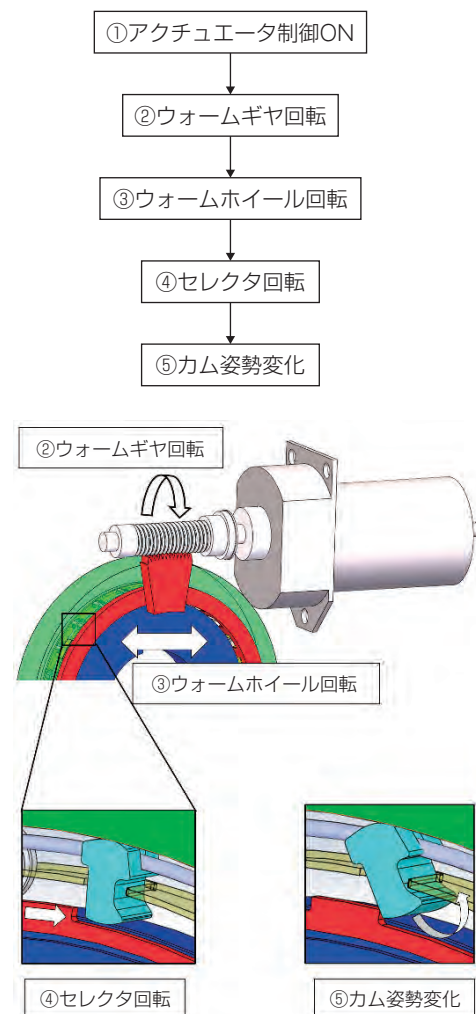


図8. セレクト機構の動作フロー



## 4. 切り替え衝撃緩和機構

セレクト機構は3.2節で記載した通り残留トルクを限りなく0Nmにすることでシームレスな切り替えが可能である。しかし、ブレーキタイプのアプリケーションによっては残留トルクが0Nmになる瞬間を狙って切り替え制御をすることは困難な場合がある。残留トルクを0Nmまで降下させる前に切り替えをした場合、大きな残留トルク（10Nm以上を想定）が存在する状態でカム姿勢を切り替える可能性がある。その場合、切り替えに過大な推力（またはトルク）が必要となり、より大きな出力のアクチュエータを搭載する必要が出てくる。仮にアクチュエータ能力が十分にあり大きな残留トルクが存在し、切り替えができたとしても、切り替える瞬間に残留トルクが一気に抜けるため大きな衝撃が発生する。

上記課題を解決し、より適応範囲を広げるため、切り替え制御を容易にでき、切り替え時の衝撃を緩和する機構を開発した。

### 4.1 部品構成

本機構は、セレクトブルカムクラッチにおいてウォームホイールとセクタの間にスプリング・位置決めピン・スプリング圧縮ピンの3部品を追加することで実現可能である。構成例を図9に示す。

これによりウォームホイールとセクタは相対的に回転可能な状態にできる（図10）。

### 4.2 機構詳細

切り替え衝撃緩和機構の有無による波形の違いを図11に示す。まず本機構が無い状態（図11(a)）ではウォームホイールとセクタは一体で動作する。これにより大きな残留トルクが存在した状態での切り替えでは、トルクが一気に抜けることで大きな衝撃が発生する。

切り替え衝撃緩和機構を追加することにより、かみ合

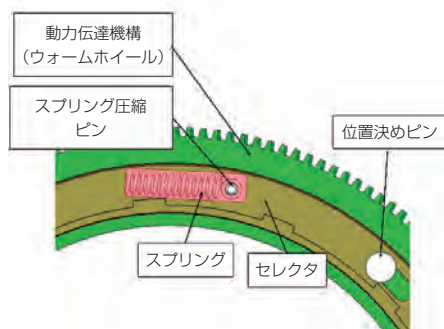
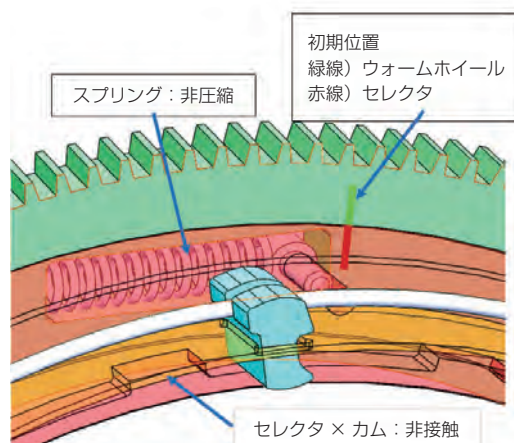


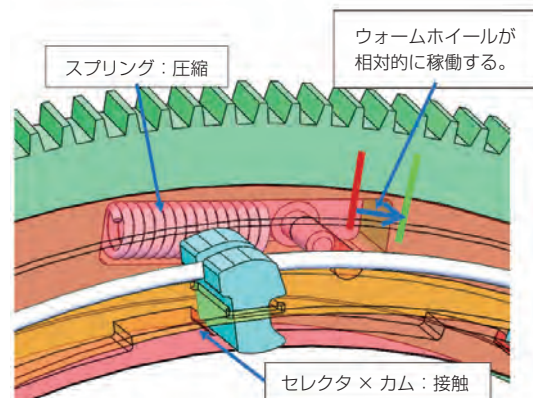
図9. 切り替え衝撃緩和機構設置箇所

い（トルク負荷状態）から空転（トルク解放状態）に切り替える際に待機状態を設けることができる（図11(b)）。

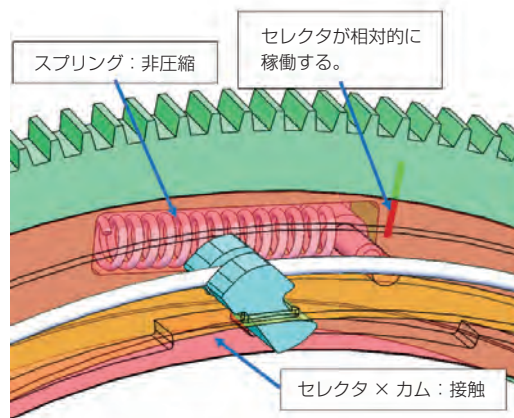
待機状態とは、セクタがカムに当たった状態で維持する状態である。このときウォームホイールは所定移動位置まで移動し、ウォームホイールとセクタの間に位相差が発生する。この位相差の分スプリングが圧縮され



トルク伝達状態（噛合）



トルク降下待機（噛合）



トルク解放状態（空転）

図10. 切り替え衝撃緩和機構作動例



た状態となる。このスプリング力によるトルクが残留トルクより大きくなった時にセレクトがカムの姿勢を変化させ切り替えが完了する。本機構のスプリング力設定で切り替えのタイミング（残留トルク値）を設定することが可能なため切り替え時の衝撃は許容可能な範囲に抑えることができる。また、ばね力により設定した残留トルク値まで切り替えが実施されないことから、アクチュエータが高精度に切り替え制御をする必要がなくなる。

本機構はウォームホイールがスプリング圧縮ピンを直接押す機構のため、空転（トルク解放状態）からかみ合い（トルク負荷状態）への切り替え時は作動しない。これにより、素早い切り替えが可能である。

## 5. セレクトブルクラッチの適応例

### 5.1 ブレーキタイプ

ブレーキタイプのセレクトブルクラッチの適応例としては主に e-Axle<sup>\*1</sup> が想定されている。セレクトブルクラッチと遊星歯車機構を用いることで走行状態に合わせた速比に切り替えることができる（図 12）。これにより、e-Axle の高効率化が実現でき、駆動用モータの小型化、省電力化に貢献する。

ほかには、トランスミッション内のブレーキ用途として湿式多板クラッチから置き換えることで湿式多板クラッチ用の油圧部品を削減できるため、変速段数を増やしてもトランスミッション体格をコンパクトに抑えることができる。

### 5.2 クラッチタイプ

クラッチタイプの主な適応例は、2 駆 / 4 駆の動力切り替えや HEV システムの動力切り替えが想定されている。

BEV の 4 輪駆動車は、前後にそれぞれ別の駆動用モータを搭載されている場合がある。4 輪駆動モード時には、前輪（メイン）/ 後輪（サブ）の駆動用モータをそれぞれ使用する。一方で、2 輪駆動モードでは、前輪駆動モータのみを使用するが後輪駆動モータの引きずりが発生し動力伝達効率下がってしまう。このような状況で、セレクトブルクラッチを搭載することで、動力切り替えが実現でき高効率化に貢献する（図 13、15）。

HEV システムでは、システムの効率を向上するために走行状態に合わせてモータおよびエンジン動力をセレクトブルクラッチにより切り替える。それにより走行状態に合わせてモータをエンジンでアシストすることが可能となり、HEV システムとして高効率化を実現できる（図 14、15）。

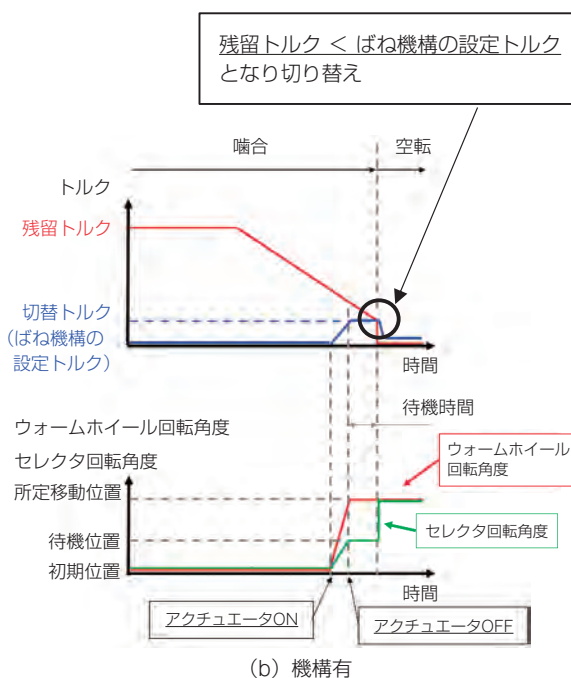
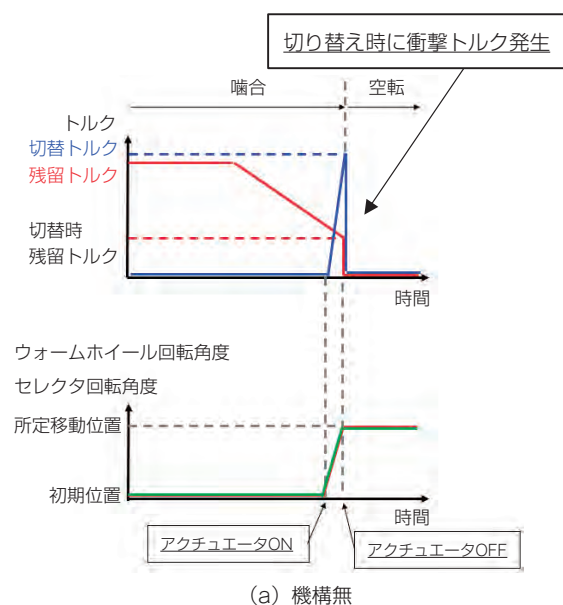


図 11. 切り替え衝撃緩和機構効果比較

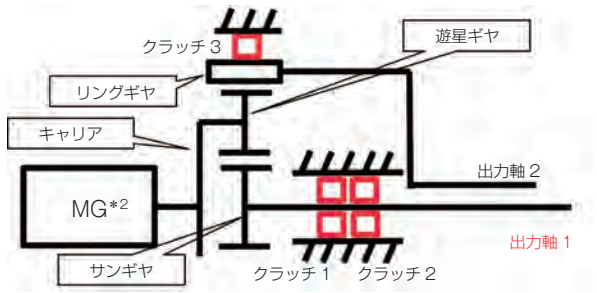
## 6. おわりに

近年急速に開発が進んでいる電動パワートレインシステムは搭載車両の特性により、要求される回転数、トルクがさまざまであり、設計の柔軟性が求められている。

当社のコア技術であるカムクラッチをベースに、任意のタイミングで動力伝達を ON/OFF することで本クラッチ搭載ユニットの高効率化へ貢献可能なセレクトブルクラッチを開発した。本報告のブレーキタイプのカム式セレクトブルクラッチは、切り替え衝撃緩和機構を採

用することで搭載システムの制御をより容易にする。

そのほかにも、HEVシステムなどへ適応可能なクラッチタイプのセレクトブルクラッチ（図15）についてもラインアップを拡充しており、今後は車両電動化に向けた幅広いニーズに対応できるよう継続して性能向上を図る。



| 状態     | MG | クラッチ1 | クラッチ2 | クラッチ3 | 速比    |
|--------|----|-------|-------|-------|-------|
| 前進(低速) | 正転 | かみ合い  | 空転    | 空転    | 増速(小) |
| 前進(高速) | 正転 | 空転    | 空転    | かみ合い  | 増速(大) |
| 後進     | 逆転 | 空転    | かみ合い  | 空転    | 増速(小) |
| 停止     | 停止 | かみ合い  | かみ合い  | かみ合い  | —     |

図12. プレータイプ適応例

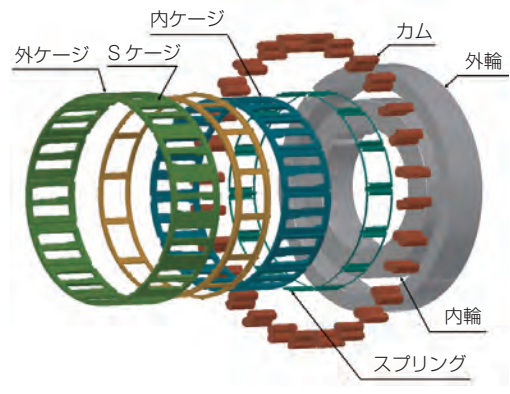


図15. クラッチタイプの構成例

参考文献

1) LMC Automotive 2022年 1Q

用語解説

\*1 e-Axle

電動車の駆動システム。モータ・インバータ・ギヤなどを一体化したもの。

\*2 MG (Motor Generator)

発電と駆動の2つの役割を行うモータ。

【特許出願中】

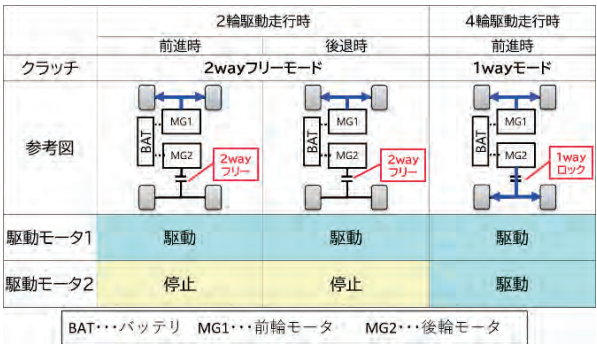


図13. クラッチタイプ適応例（駆動モード切り替え）

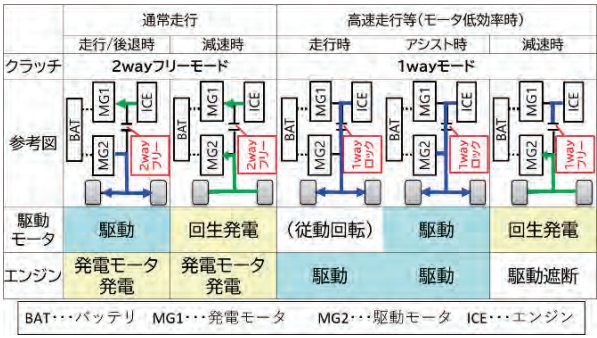


図14. クラッチタイプ適応例（HEVシステム）

# 自動車組立工場向け搬送システム TOUGHTRACK 2.5-OHF™の商品開発

Development of Conveyor system TOUGHTRACK 2.5-OHF™ for Automobile assembly plants

木澤 悠大<sup>※1</sup>  
Yudai KIZAWA

藤原 督人<sup>※1</sup>  
Yoshito FUJIWARA

高橋 芳昌<sup>※1</sup>  
Yoshimasa TAKAHASHI

CO<sub>2</sub>削減がより一層求められる折、自動車業界でも電気自動車への移行が加速的に進んでいる。それに伴って、自動車の組立工場でもバッテリー取付工程の新設が盛んとなっている。車両の下部中央にバッテリーを配置するのが主流となっており、取付工程では車両の下からバッテリーを取り付けることが必須となる。「TOUGHTRACK 2.5-OHF」はそのような組立工程でのニーズに応えるべく開発された、自動車組立工場向けのオーバーヘッド型フリクション搬送システムである。

With the increasing demand for CO<sub>2</sub> reduction, the automotive industry is rapidly shifting to electric vehicles. In response to this trend, automobile assembly plants are actively establishing new battery installation processes. Batteries are typically installed under the body of the vehicle, and the installation process requires lifting the vehicle and installing the battery from underneath. TOUGHTRACK 2.5-OHF is an overhead friction transfer conveyor system developed to meet the needs of automobile assembly plants.



## エコロジー訴求点と 顧客メリット

作業環境改善（オイルレス、静音性）、省電力、エアレス

## 1. はじめに

今、自動車業界では電気自動車（以下、EV車）の生産台数が増加する傾向にある。この傾向は、自動車工場においてEV車に対応するための工程見直しの必要性から、搬送システムの新設・改造需要の増加につながる。中でもEV車に欠かせないバッテリーの搭載は、エンジン車のエンジン搭載と比べて搬送物の重量やサイズが大きいため、搬送システムにも従来とは異なる機能が求められる。

一方でSDGsに代表される環境配慮の潮流は工場の製造物だけでなく工場内搬送システム自体にも改善を求めている。これは単なるCO<sub>2</sub>排出量の問題だけでなく、職場環境の向上やメンテナンスフリーなどの改善も含まれており、オイルレス、長寿命化といった訴求点が必要となる。

そのような背景から、環境に配慮した自動車組立工場向け搬送システムとして「TOUGHTRACK 2.5-OHF」を開発した。本稿ではTOUGHTRACK 2.5-OHFの開発コンセプトと機能・構成について解説を行う。

## 2. 開発コンセプト

TOUGHTRACK 2.5-OHFは以下のコンセプトに沿って開発された。

### 2.1 重量物搬送

バッテリーの大型化に伴って、EV車やハイブリッド車の車両重量は従来のエンジン車と比べて重くなる傾向にある。現在の大型乗用車の車両重量はエンジン車で2,000kg程度であるのに対してEV車は2,300kg程度である。組立工場の搬送システムには完成車重量と同程度の可搬重量が求められるが、TOUGHTRACK 2.5-OHFの可搬重量は3,500kg（＝車両重量2,500kg＋搬送台車1,000kg）であり、必要要件を満たしている。また、これはフリクション搬送方式としては業界最重量レベルである。

### 2.2 天井搬送（オーバーヘッド搬送）

組立工程の中でもシャーシの取付ラインやEV車用のバッテリー取付ラインでは作業者が車両の下に入り込んで取付作業を行うため車両下に作業スペースが必要となる。TOUGHTRACK 2.5-OHFは天井側に搬送装置を設置しているため、床面の作業スペース確保に加えて傾斜

※1 マテハン事業部 技術・開発統括 システム技術部



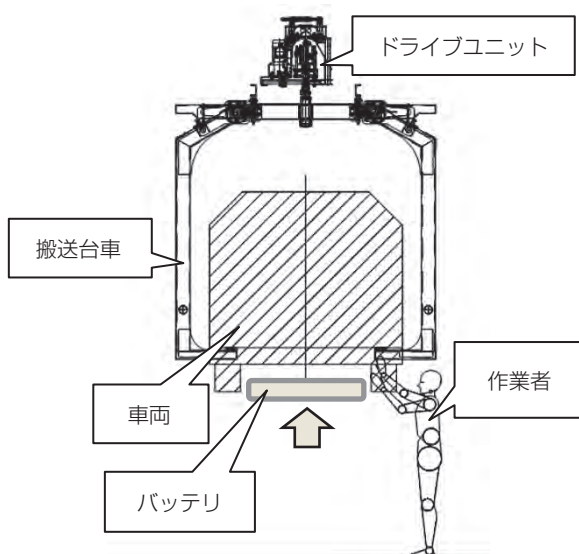


図1. TOUGHTRACK 2.5-OHF 断面 (バッテリー組立工程)

搬送による搬送高さの変更が容易で、柔軟なレイアウト設計が可能である (図1)。

### 2.3 フリクション搬送

TOUGHTRACK 2.5-OHF はドライブローラと搬送台車との摩擦によって推力を得る「フリクション搬送方式」を採用している。フリクション搬送は従来のチェーン式コンベヤと比較して給油が不要であるため油の滴下の心配がなく、チェーンの摩耗粉が発生しない点からも作業環境の清潔性が向上している。また、チェーンとスプロケットのかみ合い音やストoppと搬送台車の衝突音がなくなることで静音性が向上している。以上から、フリクション搬送方式を採用することで作業環境が改善される。

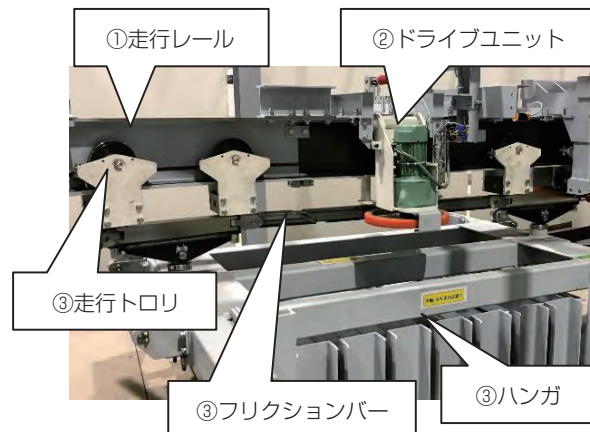


図2. TOUGHTRACK 2.5-OHF 基本構成 (試作機)

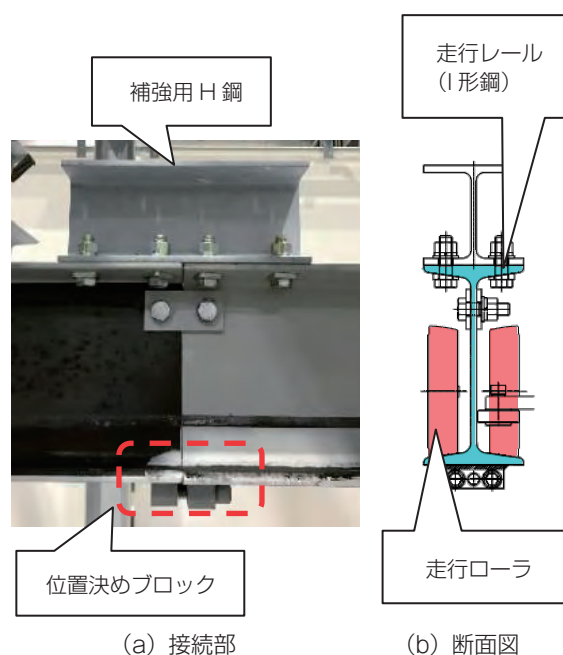


図3. 走行レール接続部

## 3. 構成機器

TOUGHTRACK 2.5-OHF は以下の3つの要素で構成される (図2)。

- ①走行レール
- ②ドライブユニット
- ③搬送台車 (フリクションバー、走行トロリ、ハンガ)

### 3.1 走行レール

走行レールには汎用性のあるI形鋼を用いており、上刃を金具で梁から吊下げ、下刃をトロリが走行する (図3)。

従来のチェーン式コンベヤでは段差無くレールを接続するために溶接構造を用いていたが、工事時の安全性向上や設置工数削減などの理由から溶接作業を必要としない接続方法が求められていた。そこで TOUGHTRACK

2.5-OHF ではレール同士の接続をボルト・ナット固定に切り替え、またレール端部に設けたブロックに位置決めピンを打つことで走行面の精度を維持するなどして、溶接作業レスを実現している。さらに、レール上面に補強材を追加することで接続部の剛性を高めている。

### 3.2 ドライブユニット

ドライブユニットは、モータでドライブローラを回転させ、その回転力を摩擦によりフリクションバーを介して伝達し、搬送台車を搬送する駆動装置である (図4)。

#### 3.2.1 ドライブローラ

ドライブローラは外周にウレタンゴムを巻き付けており、摩擦による搬送台車の推力を大きくしている。フリクション搬送では搬送重量が増大し必要推力が大きくな



るとドライブローラの摩耗が問題となる。TOUGHTRACK 2.5-OHF では高硬度ウレタンを用いることで必要な推力を維持しながら摩耗を抑えている。また、ドライブローラには駆動モータが直結されており、伝達機構を必要としないコンパクトな設計となっている。

### 3.2.2 バックアップローラ

バックアップローラはドライブローラと共にフリクションバーを挟み込むことでフリクションバーに適正な推力を与える役割を持つ。また、大きな推力が必要な箇所では両側にドライブローラを取り付けることで、少ない設置スペースで推力増加が可能である。

### 3.2.3 圧縮ばね

圧縮ばねは2つのローラをフリクションバーに押し当て、摩擦力（推力）を大きくする役割を持つ。TOUGHTRACK

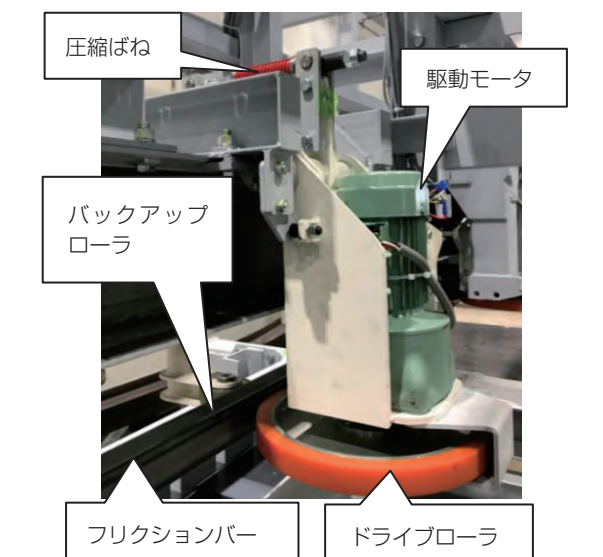
2.5-OHF のドライブユニットでは、上部の圧縮ばねの反発力により左右のアームが軸周りに回転し、下部の2つのローラがフリクションバーを挟むことで適切な推力を保っている（図4）。また、ばねのたわみ量はボルト・ナットによって調節が可能であり、これにより推力を調整することができる。

## 3.3 搬送台車

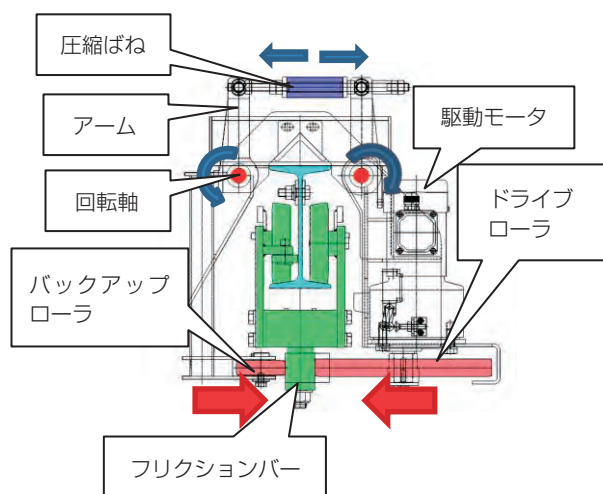
搬送台車は主に3つの要素で構成される（図5(a)）。

### 3.3.1 走行トロリ

走行トロリは、鉄製の走行ローラ2輪と横揺れガイドローラ2輪を有する構造である。さらに、前後端部の2つのトロリには浮き上がり防止ローラが備わっており、傾斜部や段差でトロリが跳ね上がらないようになっている（図5(b)）。

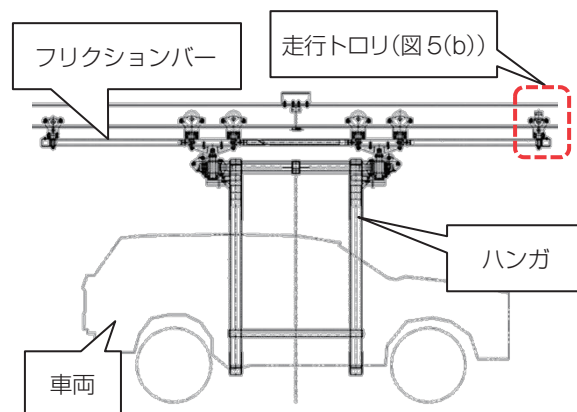


(a) 試験機

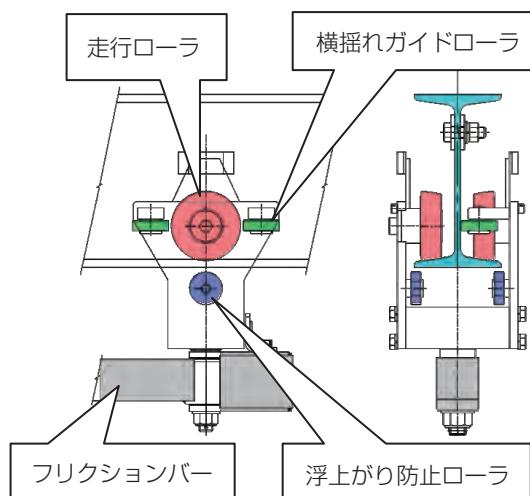


(b) 概略図

図4. ドライブユニット基本構成



(a) 搬送台車



(b) トロリユニット（側面図、断面図）

図5. 搬送台車構造

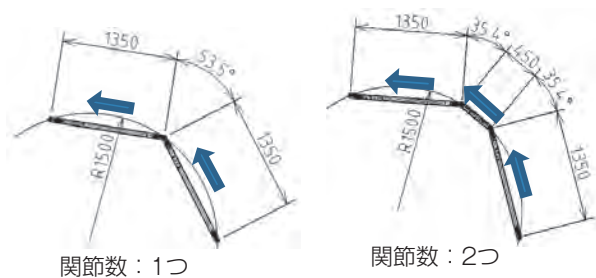


図 6. 関節数による屈曲角度の変化の例

走行トロリの構成や配置は、当社のフロアフリクション搬送システム「シムトラック<sup>\*1</sup>」での実績を元に設計している。台車1台当たりにトロリを6つ設けることで、走行トロリ1つ当たりにかかる荷重を分散し、走行レールへの負荷を低減している。

### 3.3.2 フリクションバー

フリクションバーはトロリやハンガが組み付ける搬送台車の「胴体」の役割を持ち、ドライブローラからの推力を受ける部分である。

構造はトロリと同じく「シムトラック」の実績を元に設計している。長尺のフリクションバーの間に短尺のフリクションバーを設け関節数を増やすことで、コーナ部での屈曲角度を小さくし、コーナに沿った走行が可能となっている（図 6）。これにより走行抵抗の低減と搬送の安定化を実現している。

### 3.3.3 ハンガ

ハンガは車両を下から抱え持つ役割を持つ。工程や車両形状に合わせて搬送物の保持具やアームの形状・構造を変更することができ、顧客要望に沿ったオプション選択が可能である。

の提供する自動車組立工場向けコンベヤのすべての機種がそろった。シャーシ・バッテリー取付ライン向けの「TOUGHTRACK 2.5-OHF」に加えて、トリムライン・ファイナルライン向けのフロアコンベヤ「TOUGHTRACK 2.5-FLF<sup>TM</sup>」<sup>\*2</sup>や、ドアサブラインなどで実績のある「スピードレールフリクション<sup>TM</sup>（SRF<sup>TM</sup>）」<sup>\*3</sup>など、自動車組立工場に必要な搬送システムが充実している。今後はこれらの搬送システムのさらなる磨き上げを行い、工場内搬送における顧客の課題解決に貢献していきたい。

## 技術用語解説

### \*1 シムトラック<sup>®</sup>

当社開発のフリクション搬送方式フロアコンベヤ。主に塗装工場の搬送システムとして実績を持つ。

### \*2 TOUGHTRACK 2.5-FLF<sup>TM</sup>

当社開発のフリクション搬送方式フロアコンベヤ。自動車組立工場向けに開発されており、作業床を備えた搬送台車と工程間の互換性による移載レスが特長。

### \*3 スピードレールフリクション<sup>TM</sup>

当社開発のフリクション搬送方式の軽量搬送コンベヤ。シンプルなレール断面構造を有し、軽量物の高速搬送が特長。

## 4. おわりに

TOUGHTRACK 2.5-OHF は自動車組立工場向けコンベヤとして「重量物搬送」と「SDGs 対応」の2つをテーマとして開発を行ってきた。フリクション搬送システムは清潔性や静音性の高さから環境に配慮した搬送システムとして従来から注目されてきたが、ドライブの駆動力不足により重量物の搬送は困難とされてきた。今回、TOUGHTRACK 2.5-OHF ではドライブローラに使用するウレタンゴム硬度を向上させることで摩耗を抑え駆動力不足を解決した。溶接箇所の削減による工事時の安全性向上、工事工数の削減といった項目も SDGs の掲げる目標と合致しており、以上のことから前述の2つのテーマを達成できたとする。

今回の TOUGHTRACK 2.5-OHF 開発によって当社

# V2X対応充放電装置「eLINK DC<sup>®</sup>」

V2X bi-directional EV charging systems “eLINK DC”

朝田 美沙<sup>※1</sup>

Misa ASADA

活用が期待される再生可能エネルギーの太陽光発電や、発電された電力を充放電できる蓄電池などの直流機器と、普及が進む電気自動車のバッテリーを、直流のまま相互接続できる、業界初の直流配電システム対応のV2X対応充放電装置「eLINK DC」をラインアップした。ここでは、直流配電システムのメリット、eLINK DCの特長、仕様と今後の動向について紹介する。

“eLINK DC” is an industry-first V2X bi-directional EV charging systems for DC power distribution systems that can interconnect DC devices, such as solar power generators from renewable energy sources expected to be utilized, and storage batteries capable of charging and discharging generated power in DC, with batteries of electric vehicles that are becoming increasingly popular. This section introduces the advantages of DC power distribution systems, and the features, specifications, and future trends of eLINK DC.

## エコロジー訴求点と 顧客メリット



- ① 直流配電システム全体として電力変換ロスを抑え、省エネやCO<sub>2</sub>削減に貢献
- ② 停電時の非常用電源
- ③ EVを社会インフラとして電力需給調整に活用

## 1. はじめに

### 1.1 eLINK<sup>®</sup>とは

eLINKは、電動車両（EV・PHEV、以下EV）の大容量バッテリーへの充電に加え、その電力を取り出し、停電時の非常用電源としての使用や、平常時の電力のピークカットとして活用できるV2X対応充放電装置（以下EVPS）である<sup>1)</sup>。バーチャルパワープラント（VPP<sup>\*1</sup>：仮想発電所）のリソースとしての活用に向けた機能拡充を図り、ネットワーク接続機能を活かした電力調整力や再生可能エネルギーの太陽光発電や蓄電池との組み合わせにより、次世代エネルギー・社会システム構築に貢献する製品である。これまでに、公共施設、マンション、福祉施設、工場等に約250台の納入実績がある<sup>2)</sup>。

### 1.2 大規模災害におけるBCPの重要性の高まり

日本では、2011年の東日本大震災以降、全国各地で巨大地震や大規模災害が頻発し、電力レジリエンス強

化、防災やBCP（事業継続計画）対策としてのバックアップ電源に対する重要性が高まっている。

### 1.3 カーボンニュートラルに向けた取り組み

2020年10月、政府が2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする「2050年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを宣言」して以来、温室効果ガス排出削減、ESG投資、再生可能エネルギーの導入などが進んでいる。

また、地球温暖化の主な原因であるCO<sub>2</sub>排出量抑制を目指し「脱ガソリン車、脱ディーゼル車」が掲げられ、EVシフトする動きが大きくなっている。その結果、EVに搭載される形で、大容量バッテリーが、市場に大量に存在するようになってきた。

このような流れから、太陽光発電と、大容量の蓄電手段にもなるEV・EVPSを組み合わせ、特定領域内（例えば事業所単位）の自家消費<sup>\*2</sup>モデルを構築し、カーボンニュートラルを目指していく取り組みが多くなってきている。

※1 PCS ビジネス部

## 2. 交流配電と直流配電

### 2.1 交流配電の課題

現在の電力供給システムは、多くが交流で構成されており、直流での供給は一部に限られている。発電所で作られる電気は交流である。交流であれば、変圧器（トランス）を用いることで、比較的容易に電圧を変更できるというメリットがあり、高電圧化による送電ロス低減、長距離送電が可能である。

しかしながら、再生可能エネルギーや蓄電池は直流で発電・蓄電するにも関わらず、現行の交流配電システムでは、直流電力を交流電力に変換して配電している。さらに、電気製品の多くは直流で動作が可能であり、内部で交流から直流に変換している。その結果、交流配電システムでは、電力変換の回数が多く、損失も多い（図1(a)参照）。

また、このシステムの場合では、個別の機器ごとに系統連系<sup>\*3</sup>に必要な要件を満たす必要がある。特に、交流系統に接続する際には、商用電源の周波数との同期や無効電力<sup>\*4</sup>対策が必要となり、これらはコストアップの要因となっている。

### 2.2 直流配電システムの特徴とその効果

交流配電システムの課題を解決する手段として、直流電力を直流のまま配電する「直流配電システム」がある（図1(b)参照）。直流配電は、交流配電と比較し、以下のような特徴がある。

- (1) 交流配電に比べて、電力の変換回数を少なくすることで、変換ロスをおさえることができ、省エネルギーにつながる。
- (2) 太陽光発電、風力発電、燃料電池や蓄電池を接続する際に比較的シンプルな設備構成になる。構成要素が少ないことで、設備全体の故障率を低減させることができる。
- (3) 直流配電では同期や無効電力を考慮する必要がないため、制御の複雑性が回避できる。個別の機器ごとの系統連系も必要なくなる。

## 3. eLINK DCの商品化

### 3.1 eLINK DC開発の背景

直流配電システムの研究・開発は、省エネルギー化の実現に向け、古くから、多数の企業や大学で行われてきたが、普及には至らなかった。しかし、近年では、再生可能エネルギーや蓄電池のような、直流電力による発電・充電する機器が増えてきたこともあり、再び脚光を浴びつつある。

特に、電源メーカーでは、太陽光発電、蓄電池に使用できるDC/DCコンバータの開発が盛んになっている。

一方、昨今の電力需給の逼迫による事業所における省電力化へのニーズや、災害にも強いマイクログリッドに直流配電を採用することによる、配電システム全体での効率化を目指すニーズも高まってきている。

従来のeLINK（交流タイプ）は、EVのバッテリーが

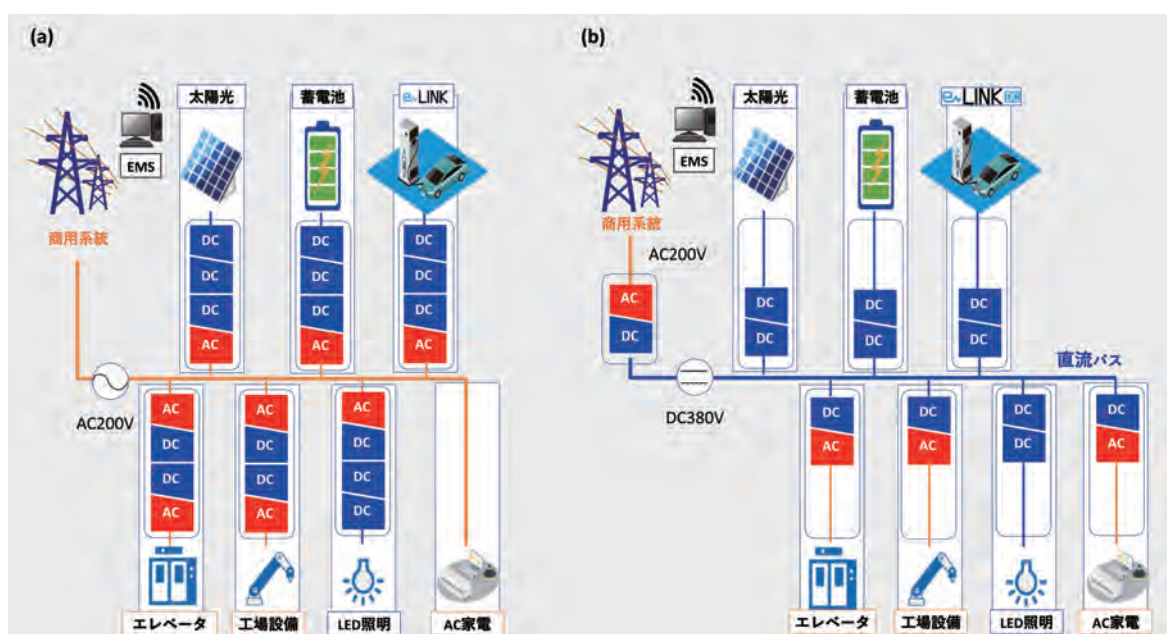


図1. (a) 交流配電システムの接続例、(b) 直流配電システムの接続例



持つ直流電力を交流に変換して商用系統<sup>※</sup>に接続、系統連系することを前提としていた。しかしながら、省エネ化、システム全体での高効率化のニーズの高まりを受け、次に求められるのは、太陽光発電などの再生可能エネルギー、蓄電池だけでなく、EV も直流で接続する直流配電システムと考え、いち早く製品化に向けた準備を開始した。そのような視点から、顧客との会話の中でもニーズを掴むことができ、有望な市場になりうると判断し、開発を加速させ、業界初の直流配電システムに接続可能な V2X 対応充放電装置「eLINK DC」の商品化を実現させた（図 2、3 参照）。

### 3.2 製品コンセプトの決定

開発にあたり、利用者の利便性を考え、従来の eLINK の特長を生かしつつ、汎用性と将来の拡張性を見越したコンセプトに基づき開発を行った。



図 2. eLINK の外観

- (1) 様々なシステムでの活用を見越し、広い電圧範囲で動作できること。
- (2) 内蔵の DC/DC コンバータは並列でき、電力の回生を受け取れる仕様とすること。
- (3) eLINK とユーザーインターフェースを統一すること。
- (4) 万が一、停電の際は、EV からの給電によりシステム全体の立ち上げを可能とすること。それにより、太陽光発電などの機器との連系が開始し、利用できること。

### 3.3 商品化に向けた課題と解決

#### 3.3.1 出力電圧の決定

商品化にあたり、直流配電ラインの電圧を何 V にするかが課題となった。そこで、既存の直流配電システムの仕様を参照し、DC380V 帯の電圧を上限にすることとした。一方の下限は、商用動力系の交流電圧 AC200V の整流を想定した、DC240V とし、最終的に DC240V ～ DC410V の広範囲をカバーする電圧仕様とした。その結果、DC/DC コンバータ自体の開発難度は上がったが、要求される様々な要望に対応できるようになり、顧客から好評を得ている。

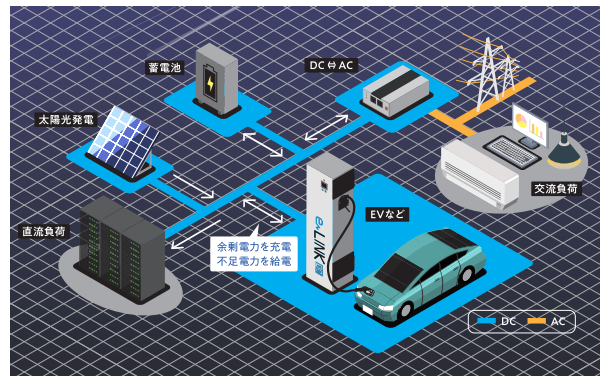


図 3. 直流配電システム内の eLINK DC 接続イメージ

表1. eLINK DC（直流）とeLINK（交流）の仕様比較

|            | eLINK DC（直流）              | eLINK（交流）                 |
|------------|---------------------------|---------------------------|
| 出力電圧       | 直流 DC240 ～ 410V           | 単相三線 AC202V               |
| 電力変換構成     | DC/DC                     | AC/DC + DC/DC             |
| 総合効率       | Max.95%                   | Max.92%                   |
| 定格出力       | 5kW                       | 5kW                       |
| 他の機器との接続   | 直流バス                      | 商用系統                      |
| CHAdemo 認証 | V2H protocol DC Ver.2.1.1 | V2H protocol DC Ver.2.1   |
| 通信方式       | ECHONETLite or Modbus TCP | ECHONETLite or Modbus TCP |
| 保護等級       | IP54                      | IP44                      |
| 停電時運転      | 並列運転 対応                   | 並列運転 非対応                  |

### 3.3.2 CHAdeMO 認証取得

EV と接続するうえで、CHAdeMO 認証・V2H プロトコル<sup>\*6</sup>の認証を得ようとしたが、CHAdeMO 認証は商用系統との接続を前提としたものであり、直流に接続することは範囲に含まれていなかった。しかしながら、従来の EVPS と電気の形態は異なるが、別途交流変換器を設けることで交流電力として活用できることから、eLINK DC でも認証を取得するべく、認証機関・検定機関と評価・審査項目について協議を繰り返した。この協議の結果、直流接続タイプとして初の CHAdeMO 認証を取得できた。さらに「災害時に、電気自動車や燃料電池自動車の外部給電機能を活用することによるレジリエンスの向上を図ること」を目的とした、購入者に補助金を交付する CEV (Clean Energy Vehicle) 補助金の対象にすることもできた。

### 3.3.3 ECHONETLite<sup>\*7</sup> 通信プロトコル対応

上位通信プロトコルの ECHONETLite についても商用系統との接続が前提となっているが、既に認証取得済の eLINK と操作性に互換があることから、認定認証機関との協議により、ECHONETLite 対象機器として認証を得た。このことにより、様々なメーカーの創エネ、蓄エネ設備との連携や制御を容易にすることができた。さらに、事業者用途での活用を見込み、産業向けの通信プロトコルである Modbus<sup>\*8</sup> TCP にも対応した (表 1 参照)。

## 4. おわりに

カーボンニュートラルの機運が高まってきた時期に EV をエネルギーリソースとして有効活用できる eLINK DC を市場に投入したことで、2021 年 7 月の発売以降、エネルギービジネスを検討している企業を中心に大きな反響を呼んでいる。これにより、「次世代エネルギー・社会システムの構築」に貢献できる製品開発の足がかりを築くことができた。

直流配電システムは脱炭素、省エネ化の新たなスタンダードになりうる技術である。その中に、EV の大容量バッテリーを接続できる eLINK DC を組み合わせることで、より環境にやさしいシステムにすることができる。

今後はこの eLINK DC を広く活用してもらうため、太陽光発電などと組み合わせた直流配電システムを開発している企業、工場や小売店向けに設備を開発している企業などと協業し、相互での拡販など、強みを掛け合わせて市場を開拓していく。

### 参考文献

- 1) 小山 晋吾, 岡田 直樹, 植平 真, 「つばき eLINK (EV 電力システム)」, TSUBAKI TECHNICAL REVIEW, Vol.24, 2014, p.23-26
- 2) 「V2X 対応充放電装置 eLINK」, TSUBAKI TECHNICAL REVIEW, Vol.29, 2019, p.39

### 技術用語解説

#### \* 1 VPP

太陽光発電、蓄電池や EV など地域に分散しているエネルギーリソースを相互につなぎ、IoT 技術を活用してコントロールすることで、一つの発電所のように機能させる仕組み。

#### \* 2 自家消費

昼間に発電して、電気製品などの電力に使用しつつ、余った電力を蓄電池に貯めることで、夜間に使用する。電気自動車は充電することで、自動車の動力としてだけではなく、電気製品などの電力として使用することができる。

#### \* 3 系統連系

電力会社の電力系統に発電設備を接続すること。

#### \* 4 無効電力

電力などを動かす際に消費されない電力のこと。電力系統の所要所の電圧を一定に保ち、安定な電気エネルギーの輸送を確保し、送電損失を最小化すること。

#### \* 5 商用系統

電力を各家庭・商業施設などに電力を供給するための、発電・変電・送電・配電を統合したシステムのこと。なかでも商用のものを商用系統という。

#### \* 6 CHAdeMO 認証・V2H プロトコル

電動自動車用充放電システムガイドラインのこと。

#### \* 7 ECHONETLite

各機器がシステム内で相互接続し、エネルギーマネジメントなどのサービスを実現するための通信仕様。

#### \* 8 Modbus

Modicon 社が自社 PLC (機器や設備などの制御に使われる制御装置 (コントローラ)) 用に開発した通信プロトコル。省エネ支援機器 (電力計など) などに幅広く実装されている。

### 他社商標

- \* 7 「ECHONETLite」はエコネットコンソーシアムの商標です。
- \* 8 Modbus は、シュナイダー・エレクトリック・ユーエスエー・インコーポレーテッドの登録商標です。